

Einführung in die Künstliche Intelligenz

Vorlesung
Sommersemester 2008

Sebastian Rudolph
Institut AIFB
Universität Karlsruhe (TH)

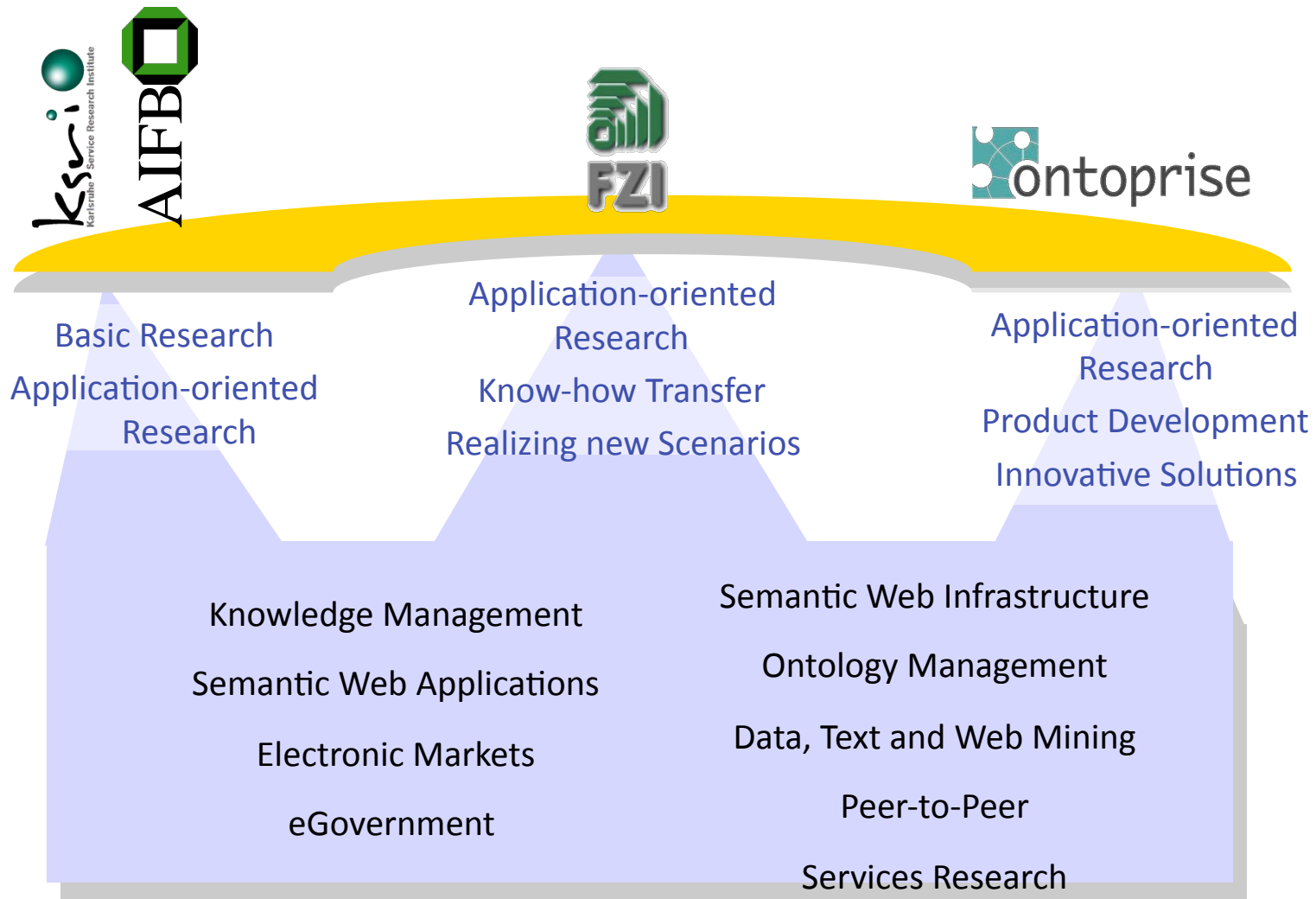
Dozent

➤ Sebastian Rudolph

- ⇒ Dr. rer. nat. in Mathematik (Algebra) an der TU Dresden
- ⇒ Postdoc am Institut AIFB, Universität Karlsruhe
- ⇒ Erreichbarkeit:
 - ⇒ rudolph@aifb.uni-karlsruhe.de
 - ⇒ Tel.: +49 (721) 608 7362
- ⇒ Forschungsinteressen:
 - ⇒ Wissensrepräsentation
 - ⇒ Logik
 - ⇒ Künstliche Intelligenz
 - ⇒ Semantic Web
 - ⇒ Komplexitätstheorie
 - ⇒ Formale Begriffsanalyse
 - ⇒ Methodologie der Wissensspezifikation



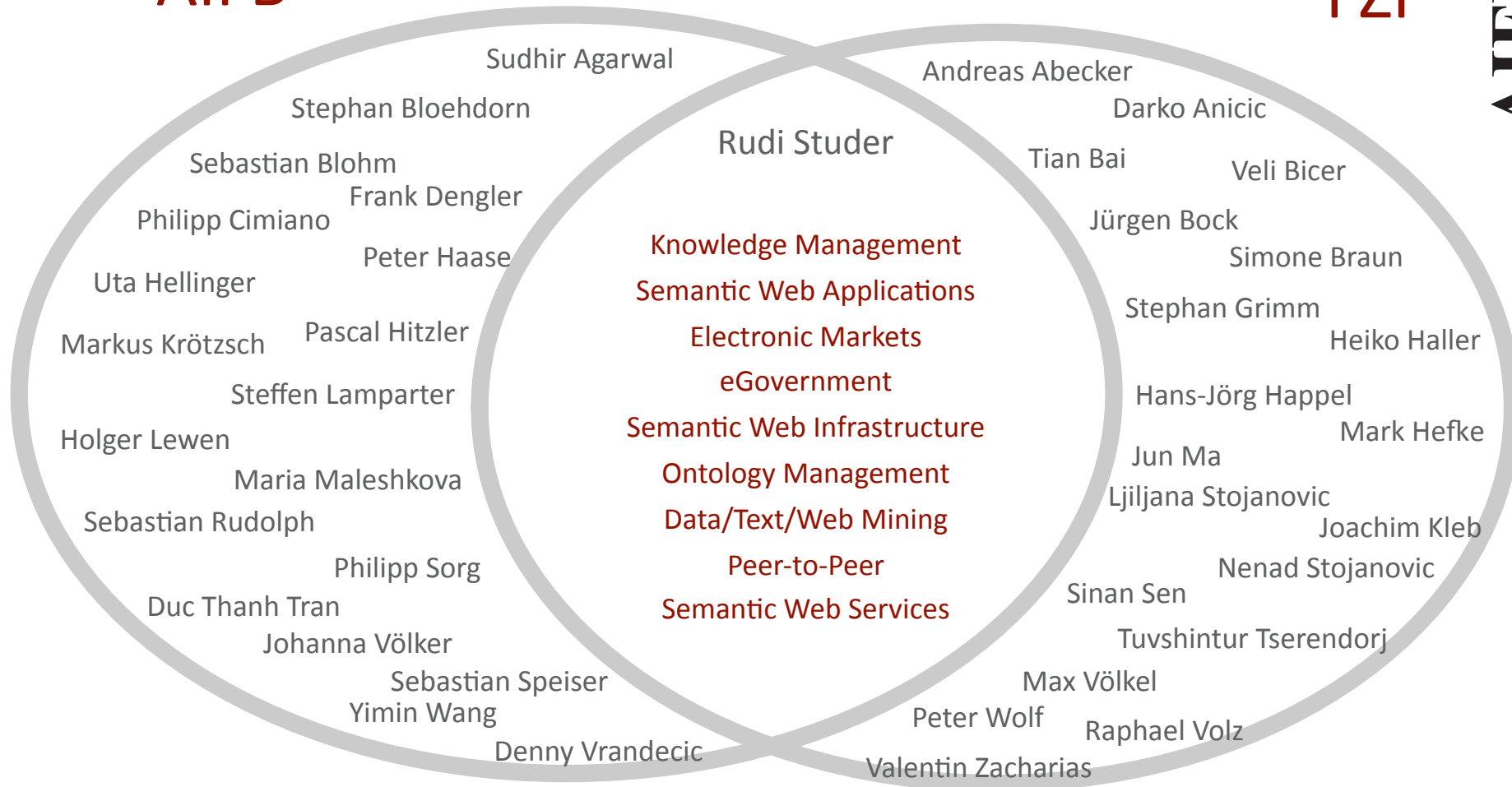
Karlsruhe: Zentrum für Semantische Technologien



Die Wissensmanagement-Gruppe

AIFB

FZI



+ 7 external Ph.D. students at SAP Research

+ ca. 40 people at Ontoprise

Die Wissensmanagement-Gruppe



Und Du

- Fachrichtung?
- Semester?
- Erwartungen?
- Bisherige Erfahrungen?
- Worum geht es bei der Künstlichen Intelligenz?

Inhalt

- Überblick über Inhalte und Methoden der Künstlichen Intelligenz
- Geplant:
 - ⇒ Problemlösungsstrategien
 - ✧ Suchen
 - ✧ Planen
 - ⇒ Wissensrepräsentation und Inferenz
 - ✧ Aussagenlogik, FOL
 - ✧ Frames
 - ✧ Unscharfe („fuzzy“) Logik, Bayes'sche Logik
 - ⇒ Maschinelles Lernen
 - ✧ symbolische und subsymbolische Verfahren
 - ✧ Genetische Algorithmen

Inhalt

- Nicht behandelt werden im Rahmen dieser Veranstaltung folgende Aspekte der KI
 - ⇒ Kommunikation
 - ⇒ Natürliche Sprachverarbeitung
 - ⇒ Wahrnehmung
 - ⇒ Robotik

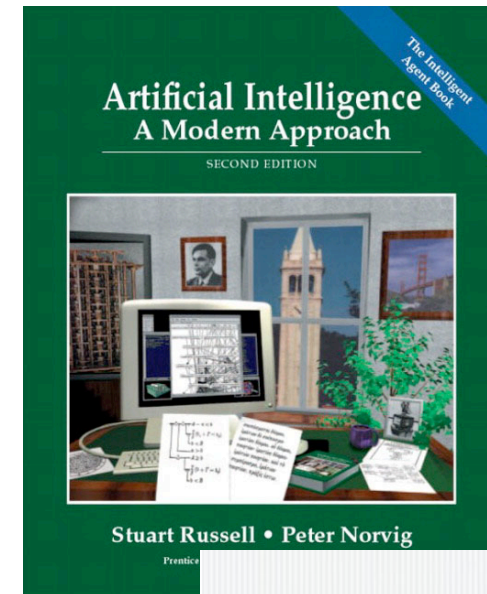
- Vorlesung und Folien folgen den vorangegangenen Vorlesungen von Dr. Rainer Malaka und Dr. Ulrich Scholz

Literatur

- Stuart Russel, Peter Norvig:
Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall Series in Artificial Intelligence, Second Edition, 2002

deutsche Version:

- Stuart Russel, Peter Norvig:
Künstliche Intelligenz. Ein moderner Ansatz. Zweite Auflage, Pearson Studium, 2004



Literatur

- G. Görz, C.-R. Rollinger, J. Schneeberger (Hrsg.):
Handbuch der Künstlichen Intelligenz.
Oldenbourg, 2003



Konferenzen, Internet

➤ Konferenzen

⇒ IJCAI, AAAI, ECAI, PRICAI

➤ Spezielle Konferenzen/Worksops

⇒ KR, LPAR, AIMS, Agents,

➤ AI Resources

⇒ www.aaai.org/Resources/resources.php

➤ Organisationen:

⇒ www.eccai.org, www.ijcai.org, www.dfki.de

Zeitschriften

- JAIR
- AI Magazine
- KI
- AI
- AAI
- ETAI
- AI Reviews
- ...

Administrativa

- Vorlesung ist prüfbar
 - ⇒ Computerlinguistik
 - ⇒ Bachelor-Informatik
 - ⇒ Klausur (schriftlich)
- Web-Seite:
 - ⇒ semantic-web-grundlagen.de/wiki/IntroAI_SS08
- Übungsaufgaben:
 - ⇒ sporadisch

Plan (vorläufig)

- 10.4. Einleitung (Überblick)
- 17.4. Bereiche der KI, Agenten

- 24.4. Suchverfahren
- 8.5. Planungsverfahren

- 15.5. Maschinelles Lernen I (Theorie und Überblick)
- 29.5. Maschinelles Lernen II (Lernverfahren)
- 5.6. Genetische Algorithmen

- 12.6. Wissensbasierte Systeme
- 19.6. Wissensrepräsentation I (Überblick und Aussagenlogik)
- 26.6. Wissensrepräsentation II (Prädikatenlogik und Prolog)
- 3.7. Wissensrepräsentation III (Frames, Lisp, Ontologien)
- 10.7. Wissensrepräsentation IV (Bayes)
- 17.7. Wissensrepräsentation V (Fuzzy Logic/Nichtmonotone Logik)

- ?????. Klausur

Teil 1

Was ist Künstliche Intelligenz?

Übersicht

- Einordnung
- Geschichte
- Teilgebiete der KI

Was ist KI? (I)

- es gibt eine Unzahl an Definitionen
- grobe Gruppierung:
Ziel von KI ist die Entwicklung von Systemen, die

Menschliches Denken	Rationales Denken
Menschliches Handeln	Rationales Handeln

aufweisen.

- Rational:
 - ⇒ das Richtige im Sinne einer vorgegebenen Norm
 - ⇒ Norm ist durch Zielfunktion gegeben, deren Wert maximiert werden soll

Was ist KI? (II)

➤ Gebiet der Künstliche Intelligenz umfasst

- ⇒ Verstehen von intelligentem Verhalten
- ⇒ Nachbilden von intelligentem Verhalten

➤ Intelligenz

- ⇒ wird in erster Linie dem Menschen zugesprochen
- ⇒ bezieht sich auf Fähigkeiten des Denkens und Handelns
 - ◇ erkennen
 - ◇ verstehen
 - ◇ abstrahieren
 - ◇ schlussfolgern
 - ◇ lernen
 - ◇ sprechen
 - ◇ planen
 - ◇ kreativ sein
 - ◇ ...

Was ist Intelligenz?

Intelligenz (lat.: *intelligentia* „Einsicht, Erkenntnisvermögen“, *intellegere* „verstehen“) bezeichnet im weitesten Sinne die Fähigkeit zum Erkennen von Zusammenhängen und zum Finden von Problemlösungen. Intelligenz kann auch als die Fähigkeit, den Verstand zu gebrauchen, angesehen werden. Sie zeigt sich im vernünftigen Handeln.

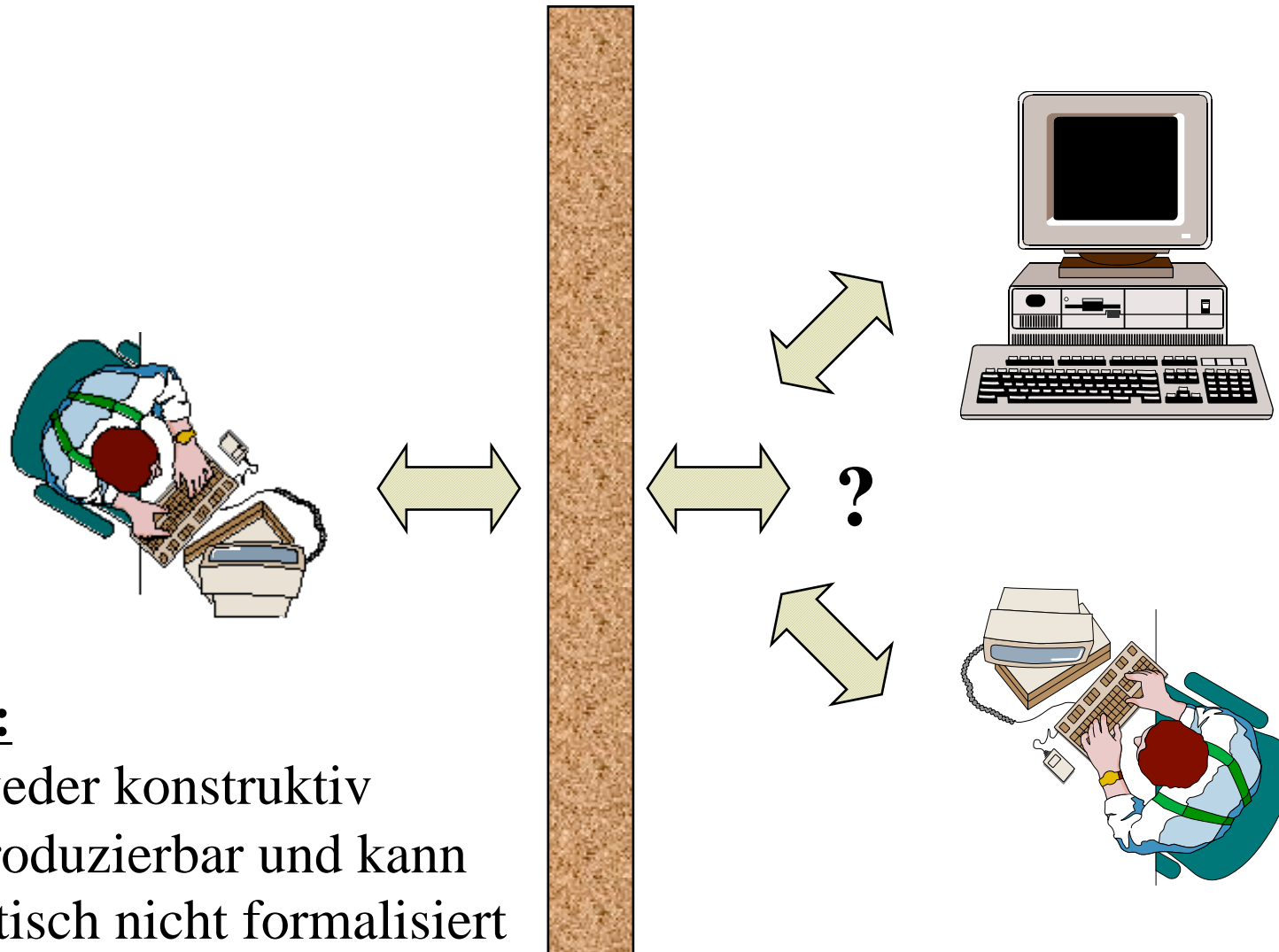
In der Psychologie ist Intelligenz ein Sammelbegriff für die kognitiven Fähigkeiten des Menschen, also die Fähigkeit, zu verstehen, zu abstrahieren und Probleme zu lösen, Wissen anzuwenden und Sprache zu verwenden.

[deutsche Wikipedia, April 2008]

Intelligenz

- Die **starke KI-These** besagt, dass sich alle Bewusstseinsprozesse durch Berechnungsprozesse nachbilden lassen:
 - ⇒ Intelligenz kann auf Informationsverarbeitung reduziert werden
- Die **schwache KI-These** besagt, dass manches intelligente Verhalten durch Berechnungsprozesse nachgebildet werden kann
 - ⇒ Intelligenz kann auch Informationsverarbeitung sein

Turing-Test

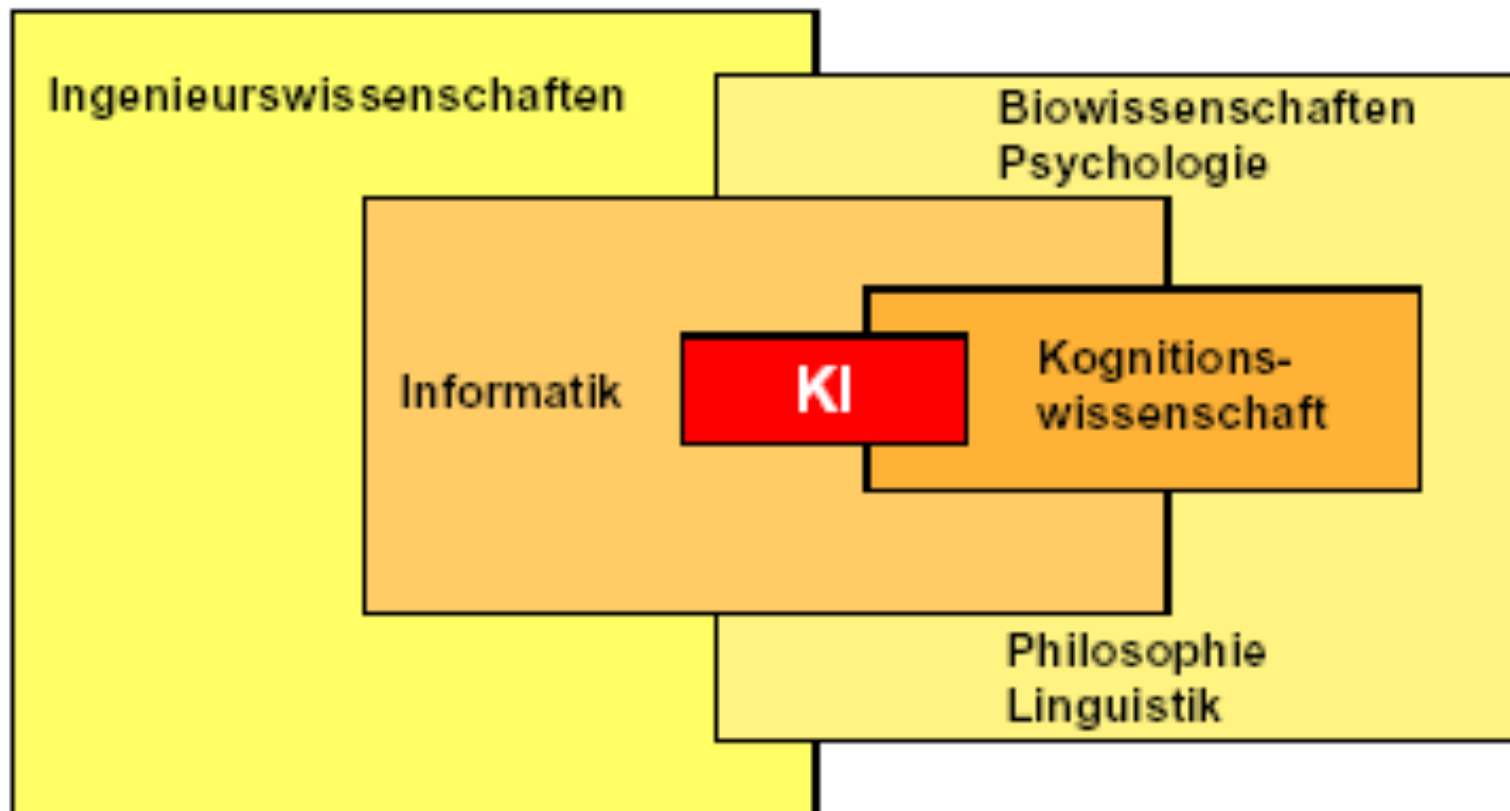


Problem:

Test ist weder konstruktiv
noch reproduzierbar und kann
mathematisch nicht formalisiert
werden

Ziele der KI (I)

- Die KI hat
 - ⇒ Ingenieurwissenschaftliche Ziele
 - ⇒ Kognitionswissenschaftliche Ziele



nach W. Wahlster

Ziele der KI (I)

➤ Computational Psychology (Cognitive Science)

⇒ Verstehen menschlichen, intelligenten Verhaltens durch Simulation im Rechner: Programme, deren Datenstrukturen und Algorithmen denen entsprechen, die der Mensch nutzt

✧ Verhalten soll das eines Menschen nachbilden, inklusive Fehler

➤ Computational Philosophy

⇒ Verstehen von intelligentem Verhalten und erzeugen eines Modells, das nicht zwingend dem des menschlichen Geists entspricht.

⇒ Ist Intelligenz eine berechenbare Funktion?

Ziele der KI (II)

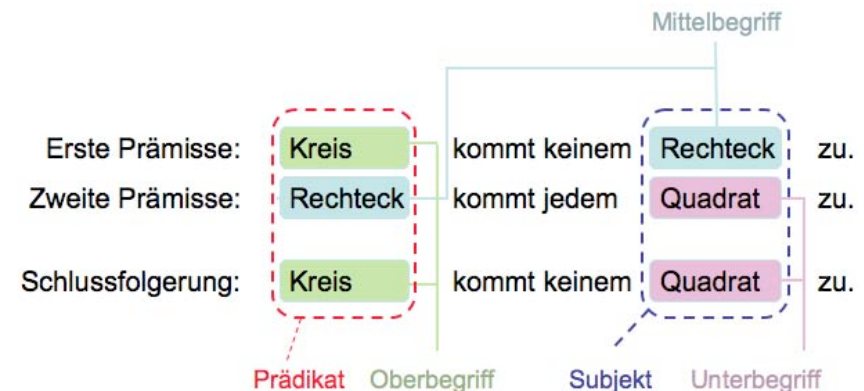
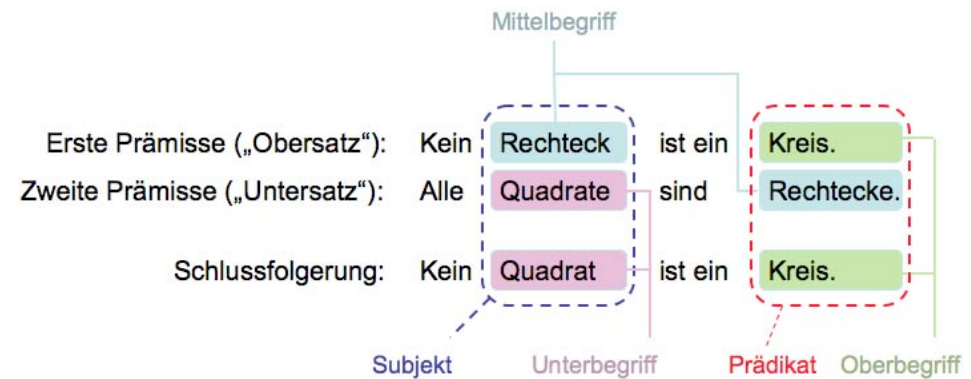
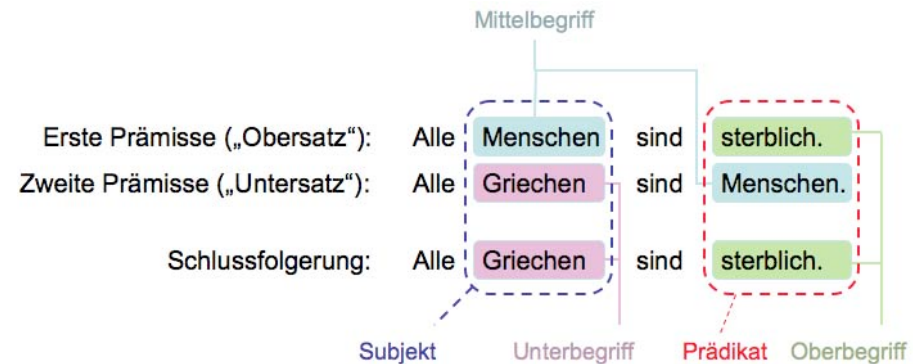
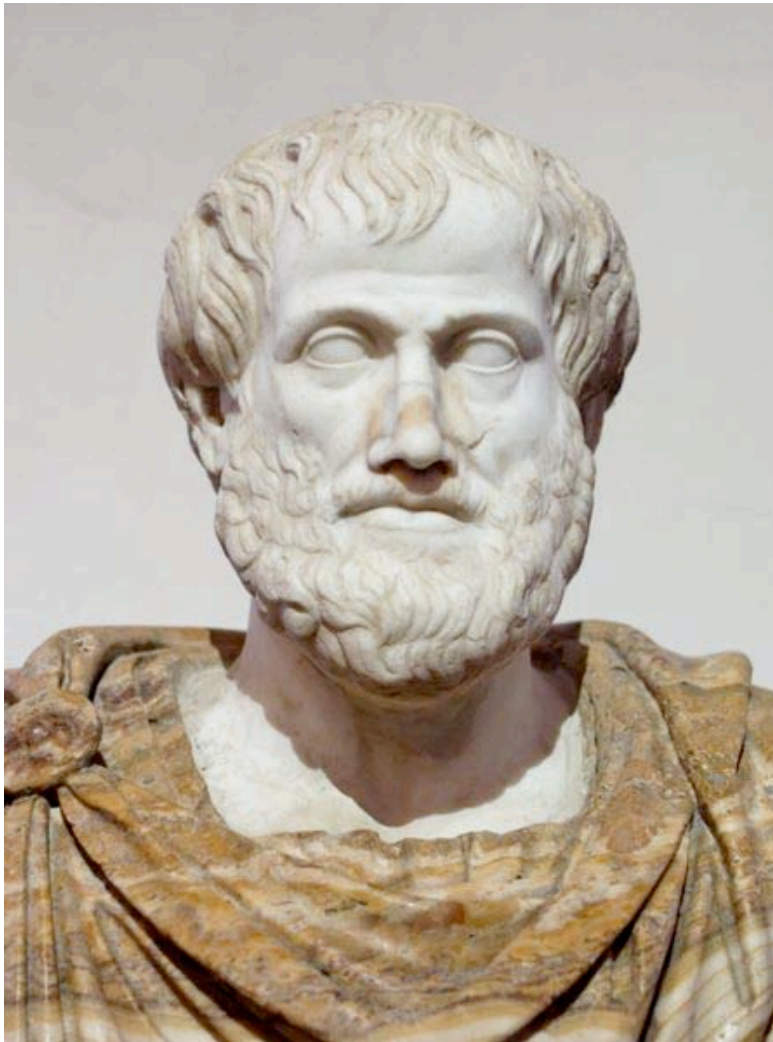
➤ Advanced Computer Science

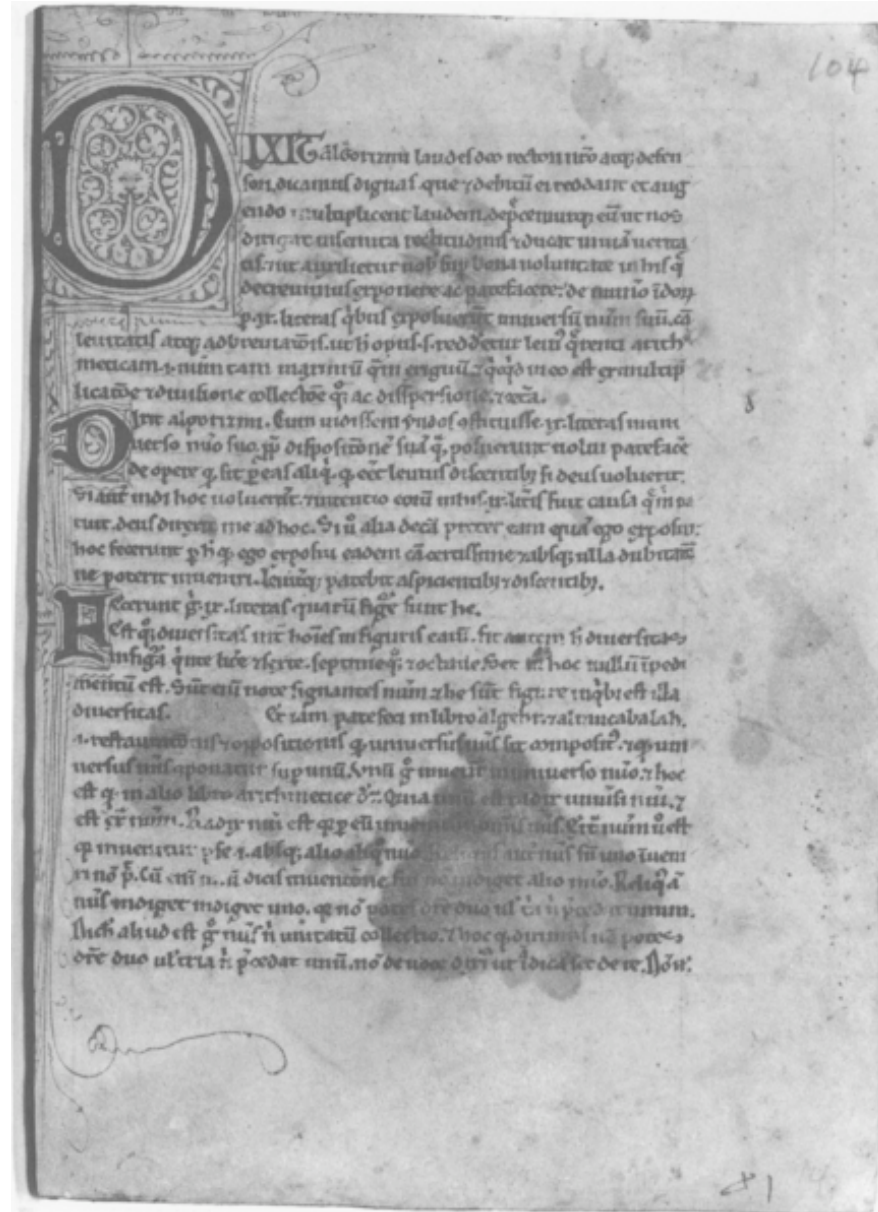
- ⇒ Rechner dazu bringen, Dinge zu tun, die zur Zeit nur Menschen tun können (insbesondere Lösen von Problemen durch “intelligente” Methoden)
- ⇒ Gebiet tendiert dazu, sich selbst zu eliminieren:
 - ✧ Bsp.: SAINT Programm (James Slagle) zur symbolischen Integration war zu Beginn KI-Projekt, heutzutage leisten viele kommerzielle Systeme mehr als dieses Programm

Vorgeschichte der KI

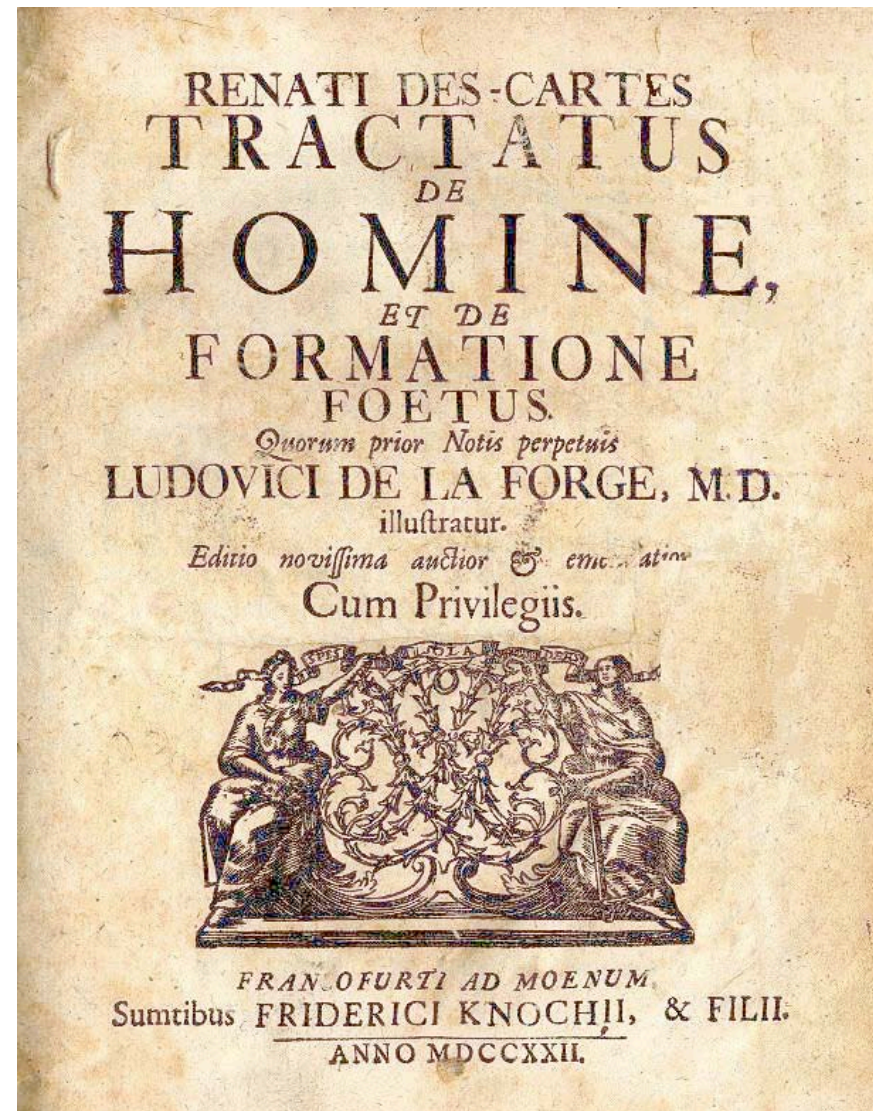
- Philosophie (seit Sokrates, *469 v.Chr. -)
 - ⇒ Logik, Folgerungsmethoden, rationales Denken, Natur des menschlichen Denkens,...
- Mathematik (seit al-Khwarizmi, *ca. 750 n.Chr. -)
 - ⇒ formale Repräsentation und Beweisen, Berechenbarkeit, Entscheidbarkeit, Algorithmik, Wahrscheinlichkeit,...
- Aufklärung (1662/1633 Descartes: *De homine*)
 - ⇒ Nerven leiten Information zum Gehirn und steuern Reaktionen
- Psychologie (seit 1879, erstes Laboratorium für experimentelle Psychologie durch W. Wundt)
 - ⇒ Analyse von Verhalten, Phänomene der Wahrnehmung, experimentelle Technik,...
- Linguistik (seit 1957, N. Chomsky publiziert "Syntactic Structures")
 - ⇒ Wissensrepräsentation, Grammatik,...
- Neurowissenschaft (seit 1927 I.P. Pawlov: *Conditioned Reflexes*)
 - ⇒ Beschreibung, Formalisierung und Modellierung von Lernen
- Kontroll-Theorie
 - ⇒ Stabilität von Systemen, einfache Agenten,...

Vorgeschichte der KI

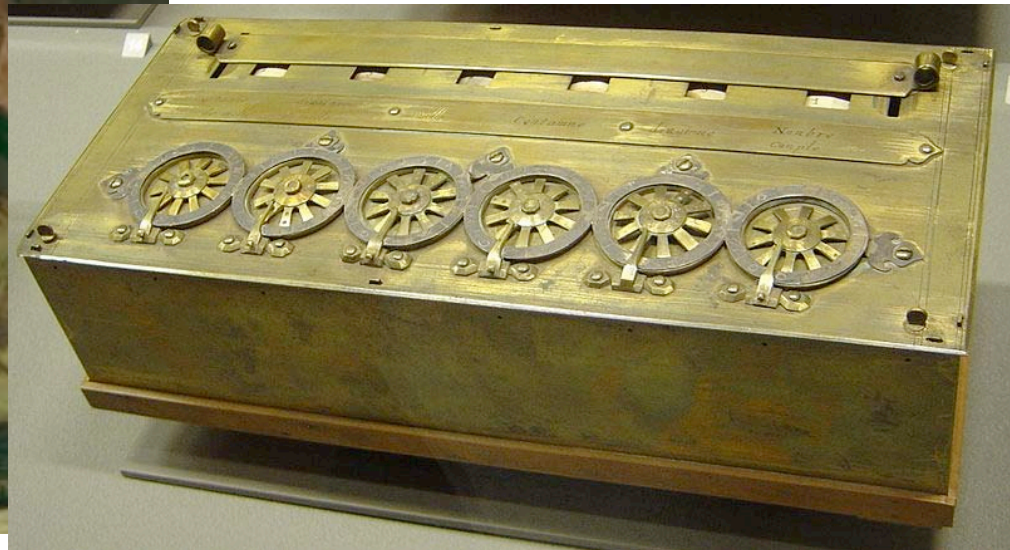




Vorgeschichte der KI



Vorgeschichte der KI



Vorgeschichte der KI

*Zuo facto, quando orientur controversiae, non magis disputatione
opus erit inter duos philosophos, quam inter duos Computistas.
Sufficiet enim calamos in manus sumere sedereque ad abacos, et
sibi mutuo . . . dicere: calculemus.*

Leibniz



Vorgeschichte der KI



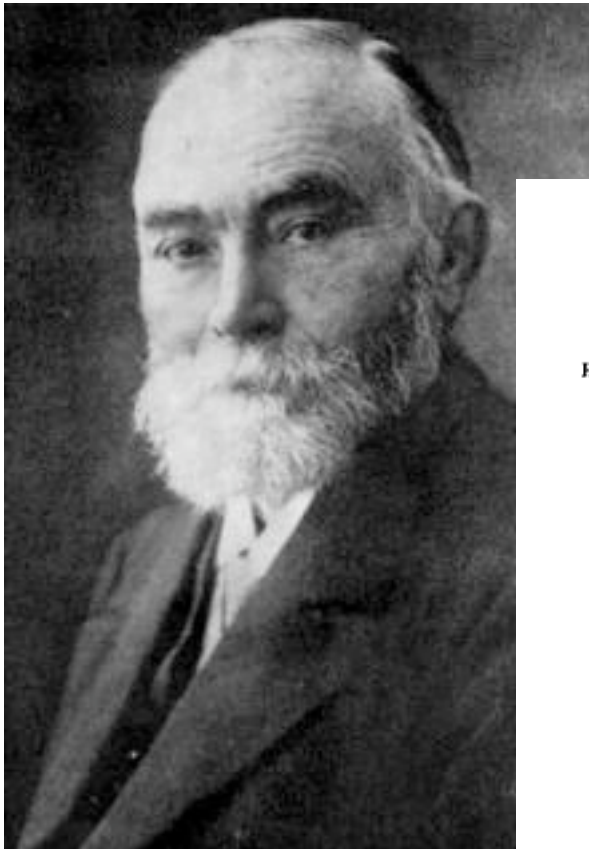
$$P(A|B) = \frac{P(B|A) P(A)}{P(B)}.$$



Vorgeschichte der KI



Vorgeschichte der KI



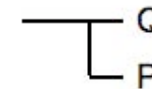
BEGRIFFSSCHRIFT,
EINE DER ARITHMETISCHEN NACHGEBILDETE
 **FORMELSPRACHE**
DES REINEN DENKENS.

VON

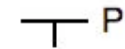
DR. GOTTLLOB FREGE.

PRIVATDOZENTEN DER MATHEMATIK AN DER UNIVERSITÄT JENA.

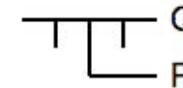
HALLE A/S.
VERLAG VON LOUIS NEBERT.
1879.



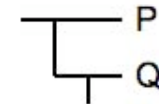
a) Konditional: $P \rightarrow Q$



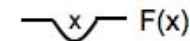
b) Verneinung: $\neg P$



c) Konjunktion: $P \wedge Q$



d) Disjunktion: $P \vee Q$

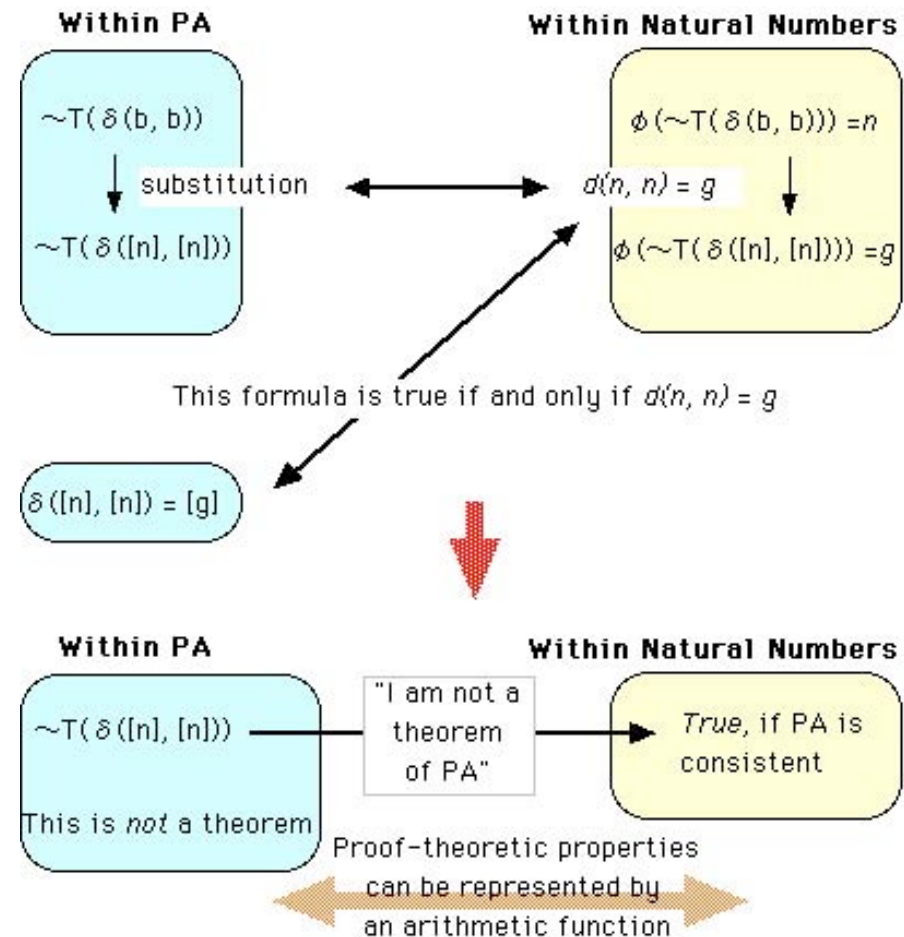


a) Allquantor: $\forall x Fx$



b) Existenzquantor: $\exists x Fx$
(eigentlich $\neg \forall x \neg Fx$)

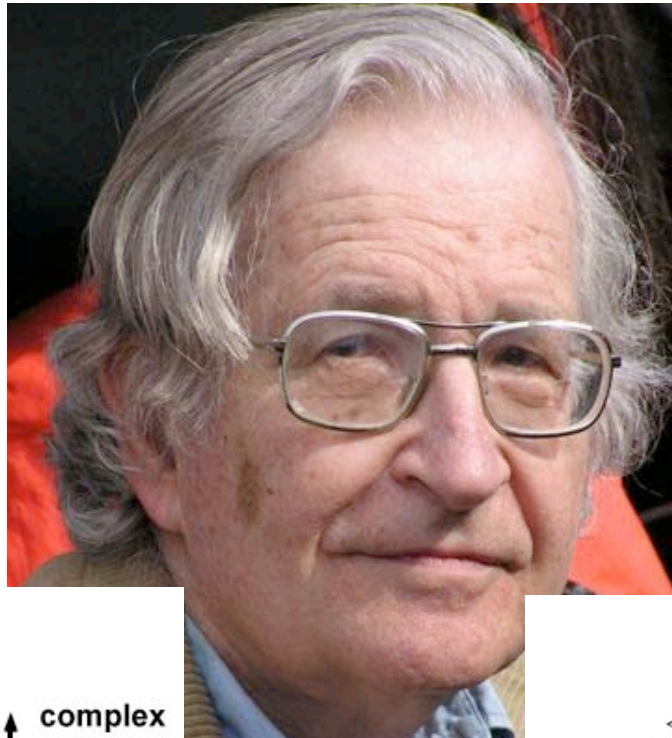
Vorgeschichte der KI



Vorgeschichte der KI



Vorgeschichte der KI



uncomputable

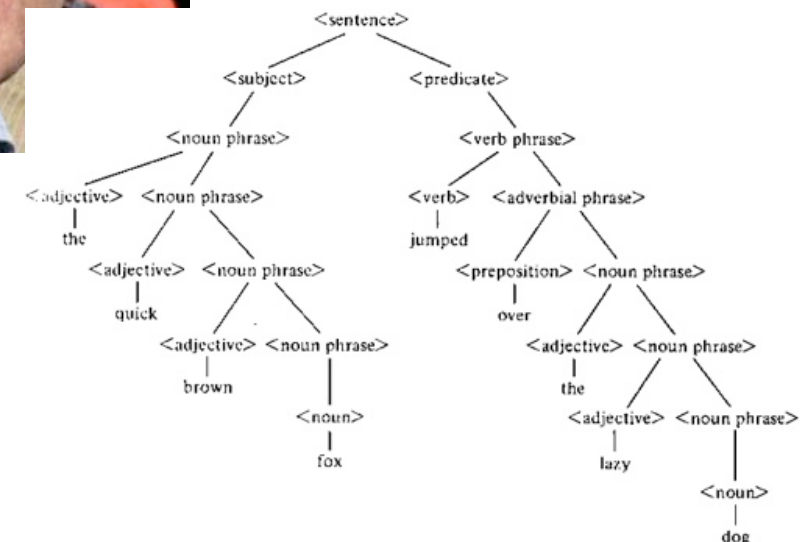
Turing machines	Phrase structure
Linear-bounded automata	Context-sensitive
Push-down automata	Context-free
Finite state automata	Regular

machines

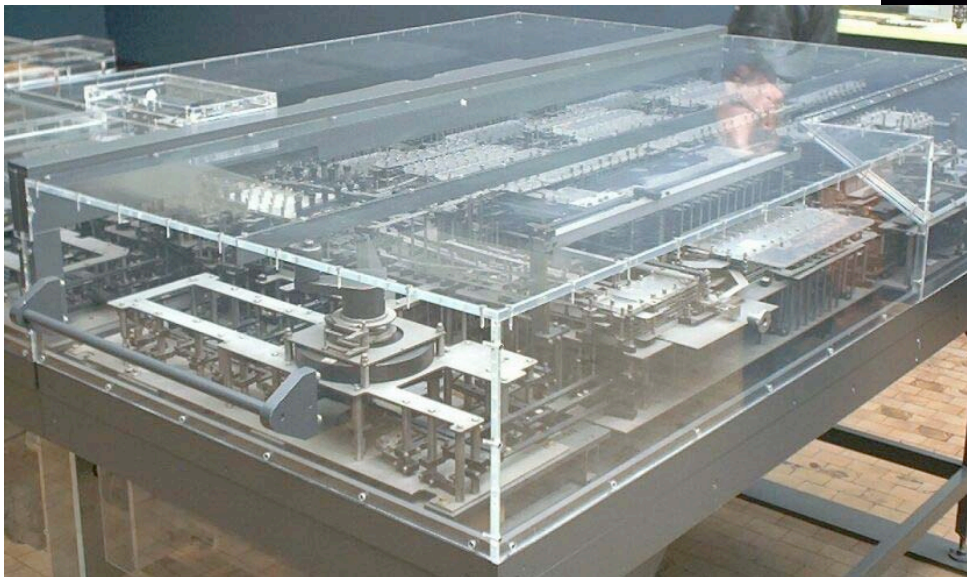
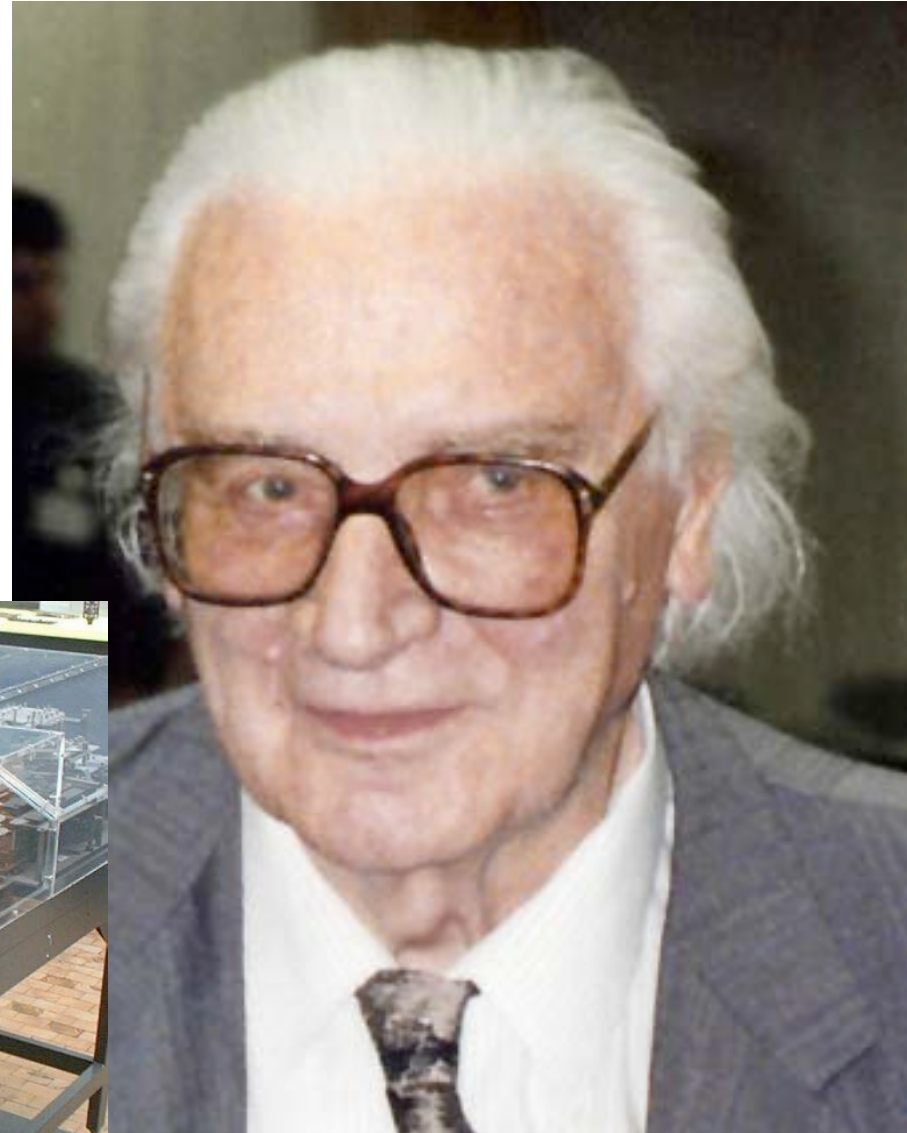
grammars

complex

crude



Vorgeschichte der KI



Geschichte der KI I

- Seit 1941 Computer: erster programmierbarer Rechner Z3 von Zuse, Betriebssysteme, Programmiersprachen, ...
- 1943 - 1961 Frühe Phase der KI**
- 1943 McCulloch/Pitts: A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity:
 → Neurons as logical circuits
- 1949 erste Lernregel für Netzwerke aus Neuronen (Hebb)
- 1951 Erstes neuronales Netzwerk (simulierte 40 Neuronen mit Hilfe von 3000 Vakuumröhren und Autopilot-Mechanismus eines B24 – Bomber)
- 1964 Dartmouth-Konferenz (John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, Claude Shannon)
- 1967 J. von Neumann, C.E. Shannon, N. Wiener: Automata Studies

Geschichte der KI II

1952 - 1972 Viel Enthusiasmus und hohe Erwartungen

- 1952 1. Version eines Dame-Spiels (Samuel), beruht auf Anpassung numerischer Parameter, spielte am Ende aber besser als sein Autor.
- 1958 Advice Taker (Prinzipien wissensbasierter Systeme)
- 1958 LISP (McCarthy)
- 1962 Perzeptron (Rosenblatt)
- 1963 GPS (Newell/Simon), Means-End Analyse
- 1973 Eliza (Weizenbaum)
(<http://www.manifestation.com/neurotoys/eliza.php3>)
- 1968 ANALOGY (Lösung geometrischer Analogien)
- 1972 Blocks-Welt (Winston, Winograd, Huffman, Waltz)

Geschichte der KI III

1966 - 1974 **Back to Reality**

1966 Bericht über Fortschritte im Bereich maschinelle Übersetzung führt zur Streichung aller Regierungsmittel für die Forschung in diesem Bereich
“the spirit is willing but the flesh is weak”
→RU → EN

1976 “the vodka is good but the meat is rotten”
Minsky und Papert haben mit Ihrem Buch Perceptrons die Grenzen dieser (einfachen) Modelle aufgezeigt und für längere Zeit neuronale Netze diskreditiert. Dies führte zu einer einseitigen Festlegung auf symbolische KI

1973 Lighthill Bericht (kombinatorische Explosion) führt dazu, daß in England nur noch zwei Universitäten KI-Forschungsmittel erhalten

Geschichte der KI IV

1969 - 1979 Wissensbasierte Systeme

1969

DENDRAL: Ableitung von Molekular-Strukturen aus Daten eines Massenspektrometers mit Regeln zur Identifikation von Substrukturen, die aus theoretischem Modell abgeleitet wurden (Buchanan)

1976

MYCIN, medizinisches Expertensystem mit 450 Regeln und Unsicherheitsfaktoren (Shortliffe)

1975

Entwicklung von Frames (Minsky) zur Wissensrepräsentation, Aufbau von Taxonomien

Seit 1969: neuronaler Winter

Geschichte der KI V

1980 - 1988 Migration in die Industrie und Revival

- 1982 R1 ist erstes kommerzielles Expertensystem
(Konfiguration von Bestellungen von
Rechnersystemen)
- 1981 Ankündigung der 5. Rechner-Generation (Prolog-
basierte Rechner für NLP, ...) durch Japaner
Folge: Forschungsprogramme werden aus Angst vor
einer japanischen Vorherrschaft neu belebt
- ~ Entwicklung von LISP-Maschinen (Symbolics, Lisp
Machines Inc., TI, Xerox)
- ~ erste Systeme für die industrielle Bildverarbeitung
- ~ Wiederaufleben Neuronaler Netzwerke (Multilayer),
vier Gruppen erfinden wieder den Backpropagation-
Algorithmus, der 1969 zuerst beschrieben wurde

Stand der Technik

- Einige gut etablierte KI-Verfahren in der Praxis:
 - ⇒ Neuronale Netzwerke als statistische Klassifikatoren
 - ⇒ Hidden Markov-Modelle (HMM) zur Beschreibung stochastischer Prozesse
 - ⇒ Belief Networks für unsicheres Schließen
 - ⇒ Ontologien und Wissensbasen
 - ⇒ Dialogsysteme, Sprachsysteme
 - ⇒ (symbolische) Lernverfahren im Bereich Data Mining
- Aber: viele Probleme immer noch nicht gelöst:
 - ⇒ Sprachverstehen (HAL9000)
 - ⇒ Bildverstehen
 - ⇒ Menschliche Fähigkeiten (lernen, erfinden, ...)